УДК. 622.691.4 : 621.515+62-2

І. Ярема, Ю. Наконечний, О. Якубишин, І. Пеляк
(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя),
М. Булах
(ДП "Черкаситрансгаз")

НОВА КОНСТРУКЦІЯ УЩІЛЬНЕННЯ ПРОМВАЛУ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ ГПА 25 МН 80.01

Розглянуто особливості модернізованої конструкції ущільнення промвалу газоперекачуючого агрегату ГПА 25 МН 80.01. Проаналізовані результати випробувань експериментальних пластмасо-металевих лабіринтних ущільнень в експериментальних умовах.

Для забезпечення надійної, безпечної та економічної експлуатації вітчизняної газотурбінної установки ГПА 25 МН 80.01 НВО "Машпроект" між зубчатою муфтою турбіни і нагнітачем встановлене штатне ущільнення, яке повинне запобігати перетіканню та викидам в атмосферу мастила і масляного туману з камери упорного

підшипника вала нагнітача. Дане ущільнення становить собою гладку плаваючу втулку з проточкою посередині і бітовою наплавкою на робочій поверхні. В силу низки причин штатне ущільнення незадовільно виконує свої функції - через інтенсивне спрацювання робочих поверхонь збільшуються радіальні зазори і, як наслідок, зростають перетоки і безповоротні втрати масла.

Для усунення вказаних недоліків була розроблена, виготовлена і випробувана в експлуатаційних умовах нова конструкція ущільнення. Вона становить собою розрізну лабіринтну втулку 1 (рис. 1), яка по зовнішніх та приєднувальних розмірах повністю взаємозамінна з штатним металевим ущільненням, завдяки чому не вимагається ніяких додаткових технологічних операцій при встановленні останньої.

Як відомо, принципи роботи лабіринтного ущільнення грунтуються на поступовому дроселюванні надлишкового тиску середовища на кожному лабіринтному гребені 2 [1,2]. Торцевими поверхнями лабіринтна втулка контактує з циліндричною проточкою обойми 3, яка також виконана розрізною із двох половин. Забезпечення посадки з гарантованим зазором між цими елементами в осьовому напрямку дає можливість звести до мінімуму перетоки мастила в обхід лабіринтних гребенів, забезпечивши при цьому плаваючий (до 2 мм в радіальному напрямку) характер ущільнення.

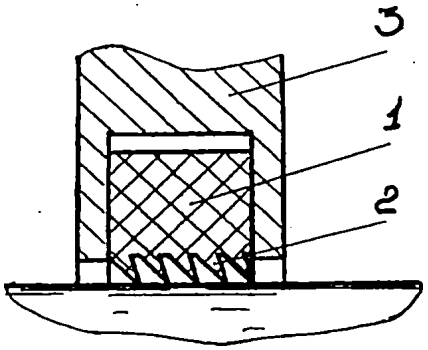


Рис. 1 Пластмасове лабіринтне ущільнення промвала

Особливістю розробленої конструкції є те, що лабіринтні гребені виконані нахиленими в сторону надлишкового тиску і виготовлені з полімерного матеріалу групи поліамідів - капролону В. У даному випадку з блочного капролону В методом механічної обробки виконані повністю обидві половини розрізної лабіринтної втулки. Але в майбутньому, коли потрібно буде виготовляти не експериментальні зразки, а серійні партії ущільнень для потреб експлуатації, економічно доцільнішим може бути виготовлення високо технологічним методом литва під тиском на термопластавтоматах тільки змінних пластмасових лабіринтних вставок, які б монтувались в металеві обойми. В процесі експлуатації при виході з ладу внаслідок зношування або по інших причинах заміні підлягали б тільки дешеві пластмасові вставки. Металеві обойми практично не зношуються і тому мають необмежений термін експлуатації. Як свідчить досвід накопичений авторами при розробці та успішному впровадженні подібних ущільнень на інших типах нагнітачів [3], виготовлення лабіринтних вставок з полімерних конструкційних вставок з полімерних конструкційних матеріалів має низку суттєвих переваг порівняно з кольоровими металами (силумін або бронза) які застосовують вітчизняні та зарубіжні фірми в якості матеріалу лабіринтних ущільнень:

- завдяки в'язко-пружним властивостям полімерних матеріалів вдається суттєво зменшити радіальний зазор між валом ротора і лабіринтним ущільненням і, як наслідок, звести до мінімуму перетоки робочого середовища через ущільнення;
- технологія виготовлення пластмасових деталей дозволяє порівняно нескладно отримати меншу ширину вершини лабіринтного гребеня порівняно із точеними металевими ущільненнями, а цей параметр, як відомо, суттєво впливає на ефективність роботи ущільнення;

- незаперечною перевагою пластмасових ущільнень є те, що при розборці-зборці нагнітача у них, на відміну від металевих, не зминаються гребені лабіринтів при випадкових ударах з валом і не пошкоджуються ущільнюючі поверхні ротора.

Новим у запропонованій конструкції ущільнення є спосіб монтажу із застосуванням схеми посадки ущільнення на вал з нульовим зазором або незначним (до 0,1 мм) натягом. В процесі установки полімерні лабіринтні гребені легко деформуються на величину натягу завдяки конструктивній формі та в'язко-пружним властивостям пластмас. У перші години роботи вершини гребенів зношуються (підтинаються) на величину попереднього натягу. При цьому робоча поверхня проміжного вала не пошкоджується, а між валом і вершинами гребенів лабіринтного ущільнення автоматично встановлюється мінімально можливий зазор, який визначається радіальним биттям ротора.

У випадках відносно великих радіальних переміщеннях ущільнення промвала, наприклад, при спливанні його на масляному клині в момент запуску або при опусканні в процесі запинки, останній через вершини гребенів діє на лабіринтну втулку, переміщуючи її в циліндричній розточці обойми вслід за собою. Але оскільки втулці притаманна інертність і вільному її переміщенню в розточці обойми перешкоджають досить значні зусилля тертя, то в зоні контакту промвал - вершина гребенів в такі моменти короткочасно виникають великі контактні навантаження. Якщо лабіринтні гребені при цьому виготовлені з металу, то вони інтенсивно зношуються, або навіть руйнуються. Радіальні зазори між втулкою і промвалом збільшуються, а ефективність лабіринтного ущільнення різко падає. В той же час в розробленій конструкції пластмасові нахилені лабіринтні гребені 1 деформуються на величину Δr під дією вала 2, як консольні балки змінного січення (рис. 2), запобігаючи виникненню в зоні контакту небезпечних напружень. Геометричні розміри гребенів та кути їх нахилу розраховані таким чином, щоб при максимальних навантаженнях на них зі сторони вала напруження, які виникнуть в матеріалі лабіринтного гребеня знаходились в зоні в'язко-пружних деформацій. Це дасть змогу деформованим гребеням повернути свою початкову форму після того, як плаваюча лабіринтна втулка займе своє робоче положення концентрично за мінусом наявного радіального зазору відносно вала, що ущільнюється. Перехід в зону пластичних деформацій матеріалу пластмасового гребеня унеможливлює відновлення його початкової форми і приводить до погіршення параметрів роботи ущільнення в цілому.

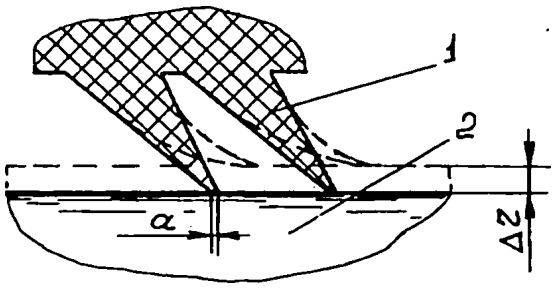


Рис. 2 Схема деформування пластмасових лабіринтних гребенів

Як відомо, на ефективність лабіринтного ущільнення суттєво впливає ширина вершини лабіринтного гребеня "а" (його кромки) в напрямі осі вала. Для отримання кращих показників роботи ущільнення бажано було б мати цю товщину мінімальною (іншими словами, вершини гребенів повинні бути абсолютно гострими). На практиці при виготовленні лабіринтної втулки з капролону методом механічної обробки цей параметр становить 0,2...0,3 мм. Зменшити ширину кромки не вдається по чисто технологічних причинах: в процесі різання відбувається відгинання тонкої кромки під дією зусилля різання. До речі, аналогічна картина спостерігається і при виготовленні

лабіринтних ущільнень з металу. Значно легше зменшити товщину кромки пластмасових лабіринтних гребенів при виготовленні останньої методом литва під тиском на термопласт автоматах.

На рис. 3 поданий другий більш досконалий варіант конструкції лабіринтного ущільнення промвала газотурбінної установки. Особливістю цієї конструкції є наявність кільцевої проточки 1 на робочій поверхні ущільнення, в яку через 12 спеціальних радіальних рівномірно розміщених по колу отворів 2 подається запірне повітря. Тиск цього повітря системою автоматики підтримується на 40 мм вод. ст. більшим, ніж тиск газомасляного туману в ущільнювальній камері. Форма і геометрія пластмасових лабіринтних гребенів 3 аналогічні першому варіанту, але кількість їх збільшена на 4 гребені за рахунок збільшення довжини лабіринтної частини 4 ущільнення в осьовому напрямку (конструкція ущільнюючого вузла це дозволяє).

Такі зміни в конструкції безумовно покращують ефективність роботи спроектованого ущільнення, хоча і вимагають виконання деяких додаткових операцій по доробці посадочного місця під ущільнення перед його установкою - свердління каналів і монтаж трубопровідної арматури для підводу запірного повітря в зону ущільнення.

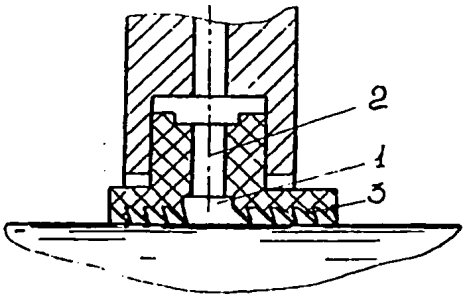


Рис. 3 Ущільнення промвала з подачею запірного газу

Випробування розрізних пластмасових ущільнень проводились в експлуатаційних умовах Софіївської компресорної станції Золотоніського УМГ експортного газопроводу "Прогрес" на газотурбінній установці ГПА 25 МН 80.01 виробництва НВО "Машпроект" м. Миколаїв.

Для проведення випробувань було виготовлено два варіанти експериментальних пластмасових лабіринтних ущільнень з метою дослідження їх порівняльних характеристик. Першим на випробування було встановлено ущільнення, в конструкції якого не передбачено подачу запірного газу. Проміжний вал до випробування вже був в експлуатації, але діаметральні розміри його не виходили за межі допустимих, а робочі поверхні не мали видимих сколів, рисок, вм'ятин або інших дефектів. Мастилом в іспуючому вузлі служило ущільнююче середовище із значною кількістю масляного туману, що попадає в зону контакту.

Найбільші навантаження на ущільнення промвала виникають в режимі запуску ГТУ і входження її в режим нормальної роботи. При цьому спостерігається максимальна амплітуда коливань промвала, "сухе" тертя, різка зміна тиску ущільнюючого середовища та перенасичення в камері масляного туману. Аналогічні умови роботи спостерігаються і при зупинці газотурбінної установки. Тому роботі експериментального ущільнення на вищезгаданих режимах була приділена особлива увага.

Після експлуатації протягом 2000 годин при черговому плановому ремонті ГТУ експериментальне ущільнення було демонтоване з метою вивчення та аналізу стану його робочих поверхонь. Отримані результати показали, що ущільнення було встановлене на промвал з мінімальним зазором, про що свідчить незначне зношення гребенів лабіринтного ущільнення в декількох місцях. Зазор між торцевими поверхнями пластмасової лабіринтної втулки і проточки обойми витриманий в

допустимих межах, ці поверхні не зношені і тому перетоку мастила в даній площині, який би суттєво впливав на працездатність ущільнення, не виявлено.

В цілому застосування розробленої конструкції дало змогу значно зменшити перетоки і незворотні втрати мастила, збільшити термін служби ущільнення.

За отриманими результатами попередніх випробувань відкоректований другий варіант конструкції лабіринтного ущільнення із застосуванням запірного тиску повітря (див. рис. 2). В ході проведення випробувань цієї конструкції в реальних експлуатаційних умовах вищезгаданої Софіївської КС була остаточно доведена правильність вибору конструкції та матеріалу розроблених ущільнень, завдяки чому вдалося зменшити радіальний зазор між валом і ущільненням з 0,4-0,6 мм (в штатній конструкції) до 0,05-0,2 мм, що в свою чергу позитивно вплинуло на зменшення перетоків мастила через ущільнення.

Результати роботи доцільно використати при модернізації лабіринтних ущільнень інших газоперекачуючих агрегатів. Використання полімерних конструкційних матеріалів дозволяє значно знизити перетоки через лабіринтне ущільнення і підвищити їх ресурс працездатності.

Summary. The results of tests modernized concentatinys in working conditions show that producing the latter from polymeric composition materials due to tough and elastic characteristics of plastics allows a considerable descries in radial clearances in compression's, an increase of the efficiency and reliability of production, a durease of its price cost.

Література

1. Комисаров А.Г. Уплотнительные устройства опор качения. -М.: Машиностроение, 1980. - 210 с.
2. РТМ 24.020.33-75 Турбины паровые и газовые стационарные компресора. Лабиринтные уплотнения. Выбор типа и расчет проточек.
3. Петровский Б.С., Ярема И.Т., Назаревич Б.И. Пластмасовые уплотнения ротора центробежных компрессоров // Химическое и нефтяное машиностроение.- 1987. -№ 12. - С. 20-21.